KISEP Clinical Article J Korean Neurosurg Soc 32 : 323-328, 2002

퇴행성 요추 질환환자에서 척추유합술 후 발생한 인접분절의 퇴행성 변화에 대한 수술적 치료*

연세대학교 의과대학 부속 영동세브란스병원 신경외과학교실
김영수 · 구성욱 · 조용은 · 진병호 · 윤영설 · 진동규

Surgical Treatment of Adjacent Segment Degeneration after Spinal Fusion in Degenerative Lumbar Disc Disease

Young Soo Kim, M.D., Sung Uk Kuh, M.D., Yong Eun Cho, M.D., Byung Ho Jin, M.D., Young Sul Yoon, M.D., Dong Kyu Chin, M.D.
Department of Neurosurgery, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Objective : We experienced some cases of adjacent segment degeneration after spinal fusion and treated them by various reoperation methods. The authors report an evaluation of causes of adjacent segment degeneration after spinal fusion and treatment methods.

Methods : Sixteen patients was admitted to our hospital due to adjacent segment degeneration after spinal fusion from November 1997 to May 2001 and we operated 11 patients among 16 patients with various surgical methods. We analyzed clinical diagnosea, surgical methods, and disc degeneration status of adjacent segment following spinal fusion on 1st operation and 2nd operation, and also evaluated the clinical symptoms, type of adjacent segment degeneration, and time interval between the 1st operation and the 2nd operation.

Results : Clinical diagnoses on 1st operation were degenerative spondylolisthesis of four cases, chronic degenerative disc disease with spinal stenosis of six cases, and recurred herniated lumbar disc disease of one case. We treated eight cases by posterior lumbar interbody fusion, one case by 360° fusion, and two cases by pedicle screw fixation only. Disc degeneration on adjacent segment to spinal fusion existed already in nine among 11 patients before spinal fusion. Types of adjacent segment degeneration after spinal fusion were disc degeneration of two cases, lumbar instability of three cases, lumbar stenosis of four cases, and lumbar instability and stenosis of two cases. Most patients complained of low back pain due to disc degeneration and instability, and some patients complained of leg and buttock pain due to stenosis. Time interval from 1st operation to reoperation was 20 months through 99 months, mean time interval was 57 months.

Conclusion : Inevitable compensatory mechanism occurs at adjacent segment after fusion, because of stress concentration and alteration of biomechanics after fusion. But, we achieve excellent or good results of reoperation surgical treatment for adjacent segment degeneration after spinal fusion.

KEY WORDS : Degenerative changes of adjacent segment · Lumbar spinal fusion.

서 론

퇴행성 디스크질환, 특히 척추불안정증이 있는 환자의 치료에 있어서 유합수술은 현재 보편화된 수술 방법으로 특히 척추간 인조디스크삽입과 척추경 나사못고정술을 동시에 시행하는 경우에 높은 골유합을 보여주고 있다. 하지만 유합수술 후 척추의 생역학적인 변화, 즉 유합으로 인

*본 논문은 2001년 대한신경외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

한 운동성 소실과 인접관절에 과도한 운동부하로 퇴행성 변화가 촉진될 수 있으며, 이로 인한 요통으로 재수술이 필요한 환자가 적지 않다. 하지만 아직까지 척추유합술 후 발생한 인접분절의 퇴행성 변화로 수술적 치료를 한 경우에 대한 연구보고는 드물다. 저자들은 요추부 유합수술 후 인접분절에 퇴행성 변화가 촉진되어 재수술을 시행 받았던 11명의 환자를 대상으로 하여 원인을 분석하고 이를 예방할 수 있는 방안을 찾기 위하여 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1997년 11월부터 2001년 5월까지 골유합 수술 후 인접분절의 퇴행성 변화로 내원한 16명의 환자 중 재수술을 시행 받았던 11명의 환자를 대상으로 하였다. 11명의 환자 중 9명은 본원에서 1차 수술을 받고 잘 지내다가 인접분절에 퇴행성 변화가 촉진되어 재수술을 시행 받았던 경우이며, 나머지 2명은 타 병원서 1차 수술 후 인접분절에 퇴행성 변화가 촉진되어 본원에서 재수술을 시행한 경우였다.

인접분절의 퇴행성 변화로 재수술을 시행한 경우는 척추유합술 후 증상호전으로 일정기간동안 일상생활에 무리가 없었으나 인접분절의 퇴행성 변화로 인한 협착증 또는 척추불안전증으로 요통이나 하지방사통 또는 신경학적 간헐적 파행이 발생하여 일상생활에 장애를 초래하고 방사선학적 검사상 뚜렷한 인접분절의 퇴행성 변화가 발견된 경우였다.

재수술시 사용한 기구는 1차 수술시 나사못고정술을 시행했던 경우에는 가능하면 1차 수술 시 사용했던 기구를 2차 수술에도 연장하여 사용하였으며, 과거에 인조디스크삽입 골유합술만을 시행한 경우는 다양한 인조디스크 및 나사못고정기구를 사용하였다(Table 1).

총 11명의 환자를 대상으로 하여 1차 수술 시 진단명과 수술방법, 수술 시 인접관절 및 디스크의 퇴행성 변화 등을 추적조사 하였으며, 재수술 시 진단명, 임상증상, 인접분절의 퇴행성 변화의 양상, 수술방법, 1차 수술 후 인접분절의 퇴행성 변화가 발생하기까지의 기간, 및 재수술의 결과 등을 조사 분석하였다(Table 1).

결 과

척추유합술 후 인접분절의 퇴행성 변화로 재수술을 받았던 총 11명 중 남자는 6명, 여자는 5명이며, 재수술을 받은 나이는 46세에서 75세로 평균연령은 60.4세였다.

Table 1. Clinical characteristics of 11 patients, adjacent segments degeneration after lumbar fusion and summary of reoperation

	Age/ Sex	Duration	1st Op. diagnosis	1st Op. name	1st Op. level (Fusion)	Upper level status	2nd Op. main symptom	Topping off Type	2nd Op. name	2nd Op. fusion level (PLIF/Screw)	Result
1	M/73	5yr 7mo	Chr. deg. HLD with stenosis	PLIF(TFC)	3,4	Mild degeneration	LBP, Ant. thigh pain	Disc degeneration	360 fusion	2 / 1, 2	Excellent
2	F/60	4yr 5mo	Deg. spondylolisthesis	PLIF(TFC)	3,4	Mild degeneration	LBP, Ant. thigh pain	Disc degeneration	PLIF	2 / -	Excellent
3	F/49	5yr 11mo	Chr. deg. HLD with stenosis	PLIF(TFC)	4,5	Mild instability	LBP	Instability	360 fusion	3 / 3	Excellent
4*	M/65	5yr 1mo	Deg. spondylolisthesis	PLIF(TFC)	4,5	No degeneration	LBP	Instability	360 fusion	2, 3 / 2, 3	Good
5	M/55	8yr 3mo	Chr. deg. HLD with stenosis	PLIF(TFC)	4,5	No degeneration	LBP, Both leg pain	Stenosis	Total laminectomy		Good
6	F/67	5yr 10mo	Chr. deg. HLD with stenosis	PLIF(Carbon cage)	4,5	Mild degeneration	LBP	Instability, stenosis	360 fusion	3 / 3	Good
7	M/59	7yr 3mo	Chr. deg. HLD with stenosis	PLIF(TFC)	3,4	Mild degeneration	LBP, Ant. thigh pain	Instability, stenosis	360 fusion	2 / 2	Excellent
8	F/75	2yr 7mo	Chr. deg. HLD with stenosis	Pedicle screw fixation	2,3,4	Mild degeneration	LBP	Instability	Pedicle screw fixation	- / 12, 1	Good
9	M/47	1yr 8mo	Recurred HLD	PLIF (Novus cage)	4	Mild degeneration	LBP, Ant. thigh pain	Stenosis	360 fusion	3 / 3	Excellent
10	M/68	2yr 5mo	Deg. spondylolisthesis	360 Fusion	5	Mild degeneration	LBP, Both leg pain	Stenosis	360 fusion	4 / 4	Excellent
11	F/46	3yr 3mo	Deg. spondylolisthesis	Pedicle screw fixation	5	Mild degeneration	LBP, Buttock pain	Stenosis	PLIF	4 / -	Good

*: 2 Times reoperation due to 2 times of adjacent segment degeneration after fusion, PLIF : Posterior lumbar interbody fusion, LBP : Low back pain

1차 수술 시 진단명, 수술방법, 및 척추유합술 전 인접분절의 상태

1차 수술 시 진단은 척추관협착증을 동반한 퇴행성 디스크가 6례로 가장 많았으며, 퇴행성 척추전방전위증이 4례, 과거 추간반탈출증으로 수술했던 부위에 다시 추간반탈출이 재발하였던 경우가 1례 있었다.

수술방법으로는 인조디스크삽입 골유합술을 시행했던 경우가 8례, 360° 골유합술을 시행했던 경우가 1례, 나사못고정술만을 단독으로 시행했던 경우가 2례 있었다. 1차 수술 당시에 유합술을 시행한 인접분절에 관절이상이나, 디스크 병변이 있었는지 여부를 조사하였는 데, 총 11명의 환자 중 9명에서 유합술 전에 이미 인접분절에 약간의 퇴행성 변화가 있었으나 1차 수술 당시에는 유합술을 시행할 정도는 아니었다.

척추유합술 후 인접분절의 상태 및 임상증상

척추유합술 후 인접분절의 퇴행성 변화로 재수술한 11명의 환자를 살펴보면 모든 환자에서 유합한 부위의 상위분절에 퇴행성 변화가 나타났는데, 그 퇴행성 변화 양상을 살펴보면 재수술의 주된 원인이 디스크의 퇴행성 변화인 경우가 2례, 척추후관절의 퇴행성 변화로 인한 척추불안정증이 주된 원인인 경우가 3례, 척추후관절의 비후로 인한 척추관협착증이 재수술의 주된 원인인 경우가 4례 있었으며, 척추불안정증과 척추관협착증이 비슷한 정도로 동반된 경우가 2례 있었다. 대부분의 환자에서 디스크의 퇴행성 변화, 척추불안정증, 및 척추관협착증이 일부 동반되어 있었다. 모든 환자가 상위 인접분절에 디스크의 퇴행성 변화와 척추불안정증으로 인한 요통을 호소하였으며, 척추관 협착에 의한 신경압박으로 허벅지 앞측 부위 통증을 호소한 경우가 4례, 둔부나 하지 방사통을 호소한 경우가 3례 있었다.

인접분절의 퇴행성 변화 시 재수술 방법, 결과 및 재수술을 받기까지의 기간

척추유합술 후 인접분절의 퇴행성 변화로 재수술한 11명의 환자의 수술방법을 살펴보면, 360° 골유합술이 7례 있었으며, 후방추체간 골유합술을 시행한 경우가 2례, 나사못고정술만을 시행한 경우와 척추관협착증으로 신경관감압술만을 시행한 경우가 각각 1례씩 있었다. 재수술 후 최소한 6개월이 경과한 시점에서 Prolo 's scale상 6명이 excellent, 나머지 5명은 good으로 모든 환자에서 재수술 후 만족할 만한 치료결과를 얻을 수 있었다. 1차 척추유합술 후 인접분절에 퇴행성 변화가 발생하여 재수술을 받기까지의 기간은 1년 8개월부터 8년 3개월까지로 평균기간은 4년 9개월이었다.

고 찰

Lee와 Langrana는 요천추유합의 생역학적 연구에서 유합술 후 인접한 가동분절 특히 후관절에 가해지는 부하가 증가한다고 하였으며, 이러한 현상은 측방유합술 후에 제일 적으며, 전방유합보다 후방유합 후에 인접 후관절에 부하가 더 많이 집중된다고 하였다. 후관절에 가해지는 부하의 증가로 인한 인접분절의 퇴행성 변화와 후관절의 비대가 요천추유합술 후 요통의 흔한 원인이라고 하였다[7]. 따라서, 요추부를 유합할 경우에는 유합한 인접분절에 운동부하가 더 많이 집중되어 퇴행성 변화가 촉진되기 때문에 여러 가지 후기 합병증이 발생할 수 있음을 예상해야 한다.

Aota 등은 내고정유합술 후 약 3년 동안 단기간 추적조사하여 약 25%에서 인접분절의 불안정이 있었으며, 수술 전에 전방전위가 있던 환자에서 수술 후 불안정성이 더욱 악화되었다고 보고하였다. 또, 수술 전에 불안정하였던 인접분절은 유합술 후 모두 불안정성이 심해졌으며, 나이가 많을수록 인접분절에 이미 퇴행성 변화가 있었을 가능성이 많기 때문에 나이가 많을수록 불안정성이 심해졌다고 하였다[1]. 본 저자의 경우에 있어서도, 1차 수술 시 유합술할 분절 인접분절에 약간의 퇴행성 변화가 이미 있었던 경우가 11명 중 9명에서 있었으나 재수술을 시행할 당시에는 퇴행성 변화가 더욱 악화되어 척추후관절의 비후, 척추관협착증, 척추불안정이 심해져 척추고정을 연장하여 시행하여야 했으며, 재수술할 당시 연령도 평균 61세로 대부분 많았다.

하등도 5년 이상 방사선 추적 관찰이 가능하면서, 완전 골유합이 이루어졌다고 판단된 40명을 대상으로 조사한 결과 인접관절의 퇴행성 변화가 16%에서 발생하였으며, 연령이 많을수록 또 수술 전에 인접관절의 퇴행성 변화 및 불안정성이 이미 있던 경우에서 퇴행성 변화가 더욱 악화되었다고 보고하였다[4].

Rahm과 Hall은 기기 이용 유합술 후 2년 이상 추적관찰에서 총 49례 중 17례(35%)에서 인접관절의 퇴행성관절염 등이 발생하였다고 하였으며, 원인 요소로는 환자의 나이가 많은 경우, 추체간 골이식을 시행한 경우에 이와 같은 퇴행성 변화를 볼 수 있다고 하였다[9].

김등은 요추의 일부분을 유합한 후 5년 이상 추적조사가 가능하였던 67명의 환자를 대상으로 조사한 결과 19.4%에서 유합인접분절에 후기변화가 있었으며, 이는 제4-5요추분절이 인접분절인 경우에 가장 호발하였으며, 하위 인접분절보다는 상위 인접분절에 더 호발하였고 특히 수술 전에 인접분절에 이미 퇴행성 병변이 있는 경우에 더 호발하였다고 보고하였다[6]. 본 연구결과에서도 제5요추-천추분절의 유합

없이 제4-5요추분절을 유합한 경우가 5례 있었으나, 이 환자에서 하위분절의 퇴행성 변화는 뚜렷하지 않았다. 총 11명의 환자 모두가 상위분절의 퇴행성 변화로 재수술을 시행 받았다.

Dekutoski 등은 요추전만각의 변화는 인접한 가동분절에 운동 부하의 집중을 초래한다고 하였으며, Herkowitz와 Kurz도 척추유합술 후에 요추전만각을 유지시키는 것은 매우 중요한데, 수술 후 전만각의 감소는 과신전된 후관절의 퇴행성 변화를 촉진하여 척추체의 후방전위 및 척추관협착증을 유발할 수 있다고 하였다[3,5].

조 등은 요추부 질환으로 척추유합술을 시행받았던 166례를 대상으로 하여 조사한 결과 유합 분절 수가 증가할 수록, 그리고 정상 전만각을 벗어날 수록 인접분절의 변화가 많이 발현되며 이는 요통과도 연관된다고 하였다[2]. 본 저자의 경우 1차 수술 시, 골유합을 시행한 분절수를 보면 1분절만 유합술을 시행한 경우가 3례, 2분절에 유합술을 시행한 경우가 7례, 3분절에 유합술을 시행한 경우가 1례 있었으며, 골유합한 부위별로는 제4-5요추간을 포함시킨 경우가 9례로 가장 많았었다. 인접분절에 퇴행성 변화로 재수술한 경우 재수술 부위를 살펴보면, 제2-3요추간이 5례, 제3-4요추간이 6례로 대부분 이 두 분절에 유합술 후 퇴행성 변화가 많이 발생하였다.

본 저자의 경우 척추유합술 후 상위인접분절의 퇴행성 변화인 척추불안정증으로 2차례에 걸쳐 재수술을 시행한 경우가 있었는데, 65세 된 남자환자로 제4-5요추간에 Grade 1의 퇴행성 척추전방전위증과 함께 제4-5요추간과 제5요추-천추간에 퇴행성 디스크 및 척추강협착증이 있어서 두 마디에 척추후궁제거 및 인조디스크삽입 골유합술을 시행하였다. 환자는 수술 후 요통 및 하지통증없이 잘 지내다가, 다시 요통이 심해져 1차 수술 후 5년만에 다시 내원하여 일반 방사선검사를 시행한 결과, 1차 수술 상위분절인 제2-3요추간과 제3-4요추간에 다시 디스크의 퇴행성 변화가 생기고 이로 인해 요통이 발생된 것으로 생각되어 1차 수술 후 5년 1개월만에 제2-3요추간과 제3-4요추간에 인조디스크 삽입 골유합술과 나사못고정술을 시행하여 요통을 해결할 수 있었다. 하지만 2차 수술 후 다시 3년 3개월만에 유합술한 제2-3, 3-4요추간 상위분절인 제1-2요추간에 또다시 퇴행성 변화로 인한 척추불안정증이 발생하였고 이로 인해 보행시 허리가 끊어질 듯한 요통이 발생하여 제1-2요추간에 인조디스크삽입술을 시행한 후 나사못고정술을 제1-2요추간까지 연장하였다. 3차 수술 후 약 6개월이 경과한 현 시점까지 신경학적 이상소견 및 통증없이 환자는 일상생활을 하고 있다(Fig. 1).

Lehmann 등은 하요추부 유합술 후 20년 이상 추적관찰한 결과 33명의 환자 중 인접분절의 척추관 협착 및 추간판의 변화가 45%에서 발생하였다고 보고하면서, 인접분절의 퇴행성 변화에 있어서 척추불안정성과 척추강 협착증과는 서로 밀접한 관계가 있다고 하였다[8].

퇴행성 요추질환의 치료에 유합수술은 중요한 역할을 하고 있지만 장기간 추적조사 해보면 인접분절에 문제를 일으켜 재수술이 필요한 경우가 있으므로 유합술을 시행할 때는 이점을 반드시 유념하여 인접분절에 이미 퇴행성 변화가 있는 경우에는 인접분절을 골유합에 포함시킬 지 여부를 수술 전에 반드시 고려해 보아야 한다.

인접분절에 퇴행성 변화가 발생하는 원인에는 여러 가지가 있겠지만 1차 수술 전에 이미 상위인접분절에 퇴행성 변화가 있는 경우가 가장 큰 원인으로 생각되어지며, 그외의 원인으로는 수술 중 상위 척추관절에 불필요한 손상을 주었거

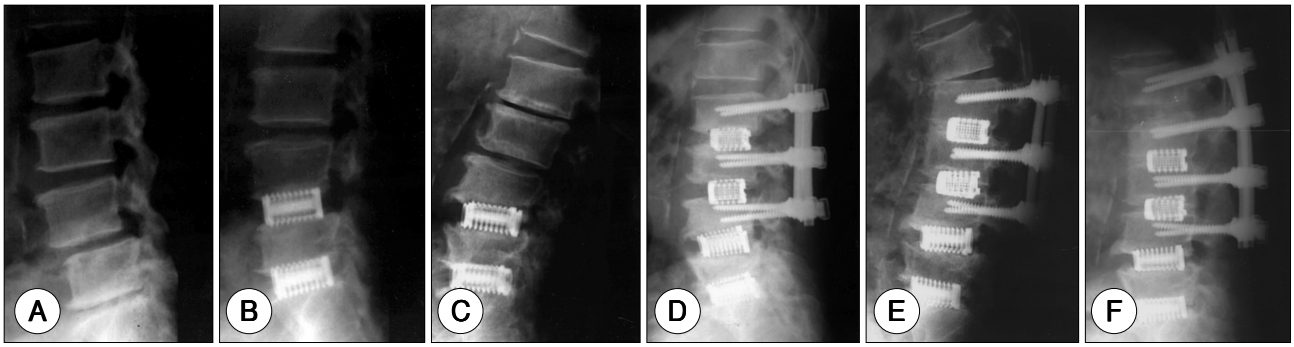

Fig. 1. A : Grade 1 Degenerative listhesis on L4/5 segment and disc space narrowing due to disc degeneration on L4/5 and L5/S1 segment. B : Posterior lumbar interbody fusion with cages on L4/5 and L5/S1 segment. C : 5 years 3 months after 1st operation, L2/3 and L3/4 disc space narrowing developed due to adjacent segment degeneration after fusion. D : Posterior lumbar interbody fusion on L2/3 and L3/4 segment and pedicle screw fixation on L2-3-4 segment. E : 3 years 3 months after 2nd operation, angular instability developed on L1/2 segment due to adjacent segment degeneration after 2nd fusion. F : Posterior lumbar interbody fusion with cage on L1/2 segment and pedicle screw fixation extension to L1/2 segment.

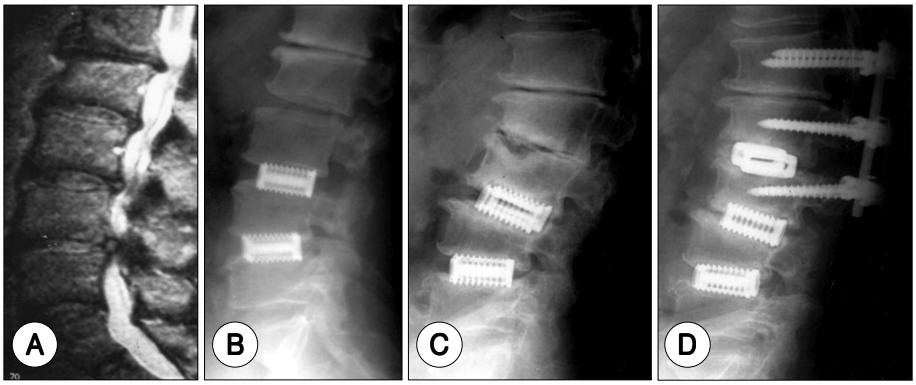

Fig. 2. A : Mild disc degeneration on L1/2 and L2/3 segment and severe disc degeneration on L3/4 and L4/5. B : Posterior lumbar interbody fusion with cages on L3/4 and L4/5 segment. C : 2 years after 1st operation, Good fusion was done on L3/4 and L4/5 segment. but, severe disc degeneration on L1/2 and L2/3 was developed. D : 2nd operation was done due to adjacent segment degeneration after fusion using posterior lumbar interbody fusion on L2/3 segment and pedicle screw fixation on L1-2-3 segment.

나 또는 수술 후 과도한 인접분절의 하중 증가로 인하여 퇴행성 변화가 촉진되었을 것으로 생각되어진다.

Whitecloud 등은 요천추부 유합수술 후 인접분절에 합병증이 발생한 14례에서 수술을 시행하여 대부분 불량한 결과를 얻어서 치료가 어렵다고 하였다[10]. 하지만 본 저자의 경우는 요천추부 유합수술 후 인접분절에 퇴행성 변화로 재수술을 시행한 6명의 환자를 분석한 결과 prolo 's scale상 2명이 excellent, 4명이 good으로서 대부분의 환자에서 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었는 데, 이는 아마도 재수술을 시행함에 있어서 방사선학적 검사상 뚜렷한 인접분절의 퇴행성 변화가 있으면서 이로 인한 신경학적 증상이 있는 환자를 신중히 선별하여 재수술을 하였기 때문으로 생각된다.

73세 된 남자환자로 제1 - 2, 2 - 3, 3 - 4, 4 - 5요추간에 퇴행성 디스크가 있었으나 퇴행성 정도가 심하고 이로 인한 척추강협착증이 있던 제3 - 4, 4 - 5요추간만 인조디스크삽입 골유합술을 시행하였다. 수술 후 통증 없이 잘 지내다가 유합술 후 5년 7개월이 경과한 시점에 기존의 퇴행성 변화가 있던 제1 - 2, 2 - 3요추간 디스크가 퇴행성 변화가 촉진되어 요통이 발생하였다. 이 환자에서 제2 - 3요추간은 인조디스크삽입 골유합술을 시행하고 제1 - 2 - 3분절에는 나사못고정술을 시행하여 요통을 해결할 수 있었다(Fig. 2).

결 론

본 교실에서는 1997년 11월부터 2001년 5월까지 골유합 수술 후 인접분절의 퇴행성 변화로 내원한 16명의 환자 중 11명의 환자를 재수술하였으며, 모든 환자에서 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다.

1) 단독으로 인조디스크삽입 골유합술을 하였거나 혹은 인조디스크삽입 골유합술과 척추경 나사못고정술을 시행한 경우에 수술 후 상위 분절에 퇴행성 변화가 더욱 촉진될 수 있다는 사실은 이미 많이 알려져 있는데, 이는 골유합술을 시행한 상위분절에 운동에 따른 척추관절의 부하가 상대적으로 커지기 때문인 것으로 생각된다.

2) 골유합 수술 후 인접분절의 퇴행성 변화로 재수술을 시행한 환자를 살펴보면 1차 수술시 이미 상위 인접분절에 경미한 퇴행성 변화가 있는 경우가 많았다. 따라서 퇴행성 척추질환 환자에게 유합술을 시행하는 경우, 유합술을 시행할 병변부위 뿐만 아니라 유합술할 부위 인접분절의 퇴행성 변화 유무를 반드시 확인해야 한다.

3) 이미 유합술할 부위 인접분절에 퇴행성 변화가 있는 경우에는 골유합술 후 기존의 퇴행성 변화가 악화될 수 있으므로 골유합술 자체를 신중히 고려해야 하며, 골유합이 반드시 필요하다면 기존의 퇴행성 변화가 있는 인접분절까지도 골유합을 시행해야 할 것이다.

4) 유합술 후 상위 인접분절의 퇴행성 변화로 인한 디스크의 퇴행성 변화, 척추불안정증, 척추관협착증이 있고 이에 합당한 신경학적 증상이 있는 경우에는 퇴행성 변화가 생긴 상위 인접분절을 고정함으로서 좋은 치료결과를 얻을 수 있었다.

• 논문접수일 : 2002년 1월 28일
• 논문채택일 : 2002년 7월 6일
• 교신저자 : 구 성 욱
135 - 270 서울 강남구 도곡동 146 - 92
연세대학교 의과대학 부속 영동세브란스병원 신경외과학교실
전화 : 02) 3497 - 3390, 전송 : 02) 3461 - 9229
E - mail : kuhsu@yumc.yonsei.ac.kr

References

1. Aota Y, Kumano K, Hirabayashi S : Postfusion instability at the adjacent segments after rigid pedicle screw fixation for degenerative lumbar spinal disorders. **J Spinal Disord 8** : 464-473, 1995
2. Cho JL, Park YS, Han JH, Lee CH, Roh WI : The Changes of Adjacent Segments after Spinal Fusion -Follow-up more than Three Years after Spinal Fusion-. **J Korean Spinesurg Soc 5** : 239-246, 1998
3. Dekutoski MB, Schendel MJ, Ogilvie JW, Olsewski JM, Wallace LJ, Lewis JL : Comparison of in vivo and in vitro adjacent segment motion after lumbar fusion. **Spine 19** : 1745-1751, 1994

4. Ha KY, Kim KW, Park SJ, Lee YH : Changes of the Adjacent-Unfused Mobile Segment After Instrumental Lumbar Fusion-More Than 5-Years Follow-up. **J Korean Spinesurg Soc 5** : 205-214, 1998
5. Herkowitz HN, Kurz L : Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis : A prospective study comparing decompression and intertransverse process arthrodesis. **J Bone Joint Surg 73A** : 802-808, 1991
6. Kim HT, Kang DW, Yoo CH, Jeoung JH, Chang SA : Late Changes at the Adjacent Segments to Lumbar Fusions. **J Korean Spinesurg Soc 3** : 1-10, 1996
7. Lee CK, Langrana NA : Lumbosacral spinal fusion. A biomechanical study. **Spine 9** : 574-581, 1984
8. Lehmann TR, Spratt KF, Tozzi JE, Weinstein JN, Reinnarz SJ, El-Khoury GY, et al : Long-term follow-up lower lumbar fusion patients. **Spine 12** : 97-104, 1987
9. Rahm MD, Hall BB : Adjacent-segment degeneration after lumbar fusion with instrumentation : A retrospective study. **J Spinal Disord 9** : 392-400, 1996
10. Whitecloud III TS, Davis JM, Olive PM : Operative treatment of the degenerated segment adjacent to a lumbar fusion. **Spine 19** : 531-536, 1994